

УДК 621.438 + 621.311

РАБОТА ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК *ECONOFLEX SIEMENS* НА ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ

Каранкевич В.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

Требования к маневренным возможностям энергогенерирующего оборудования, работающего на органическом топливе и используемого для обеспечения баланса частоты и мощности в энергосистеме, постоянно повышаются. Важными эксплуатационными характеристиками являются высокий КПД установок даже при частичных нагрузках, регулировочный диапазон, а также экологические показатели во всем диапазоне нагрузок.

Рассмотрим эксплуатационные показатели парогазовых установок (ПГУ) *EconoFlex* (от *Economy* – экономичность и *Flexibility* – эксплуатационная гибкость) компании *Siemens*, созданных на базе газотурбинных установок (ГТУ) *SGT-800* [1] и паровых турбин модельного ряда *SST-400* и *SST-900 Siemens*.

В состав *EconoFlex2* входят две *SGT-800* и одна *SST-400*, *EconoFlex6* – шесть *SGT-800* и одна *SST-900*. В зависимости от потребностей заказчика возможны и другие комбинации [2]. Мощность *SST-400* составляет 65 МВт при начальных параметрах пара 540°C и 14 МПа; мощность *SST-900* достигает 250 МВт, при начальных параметрах 580°C и 16,5 МПа.

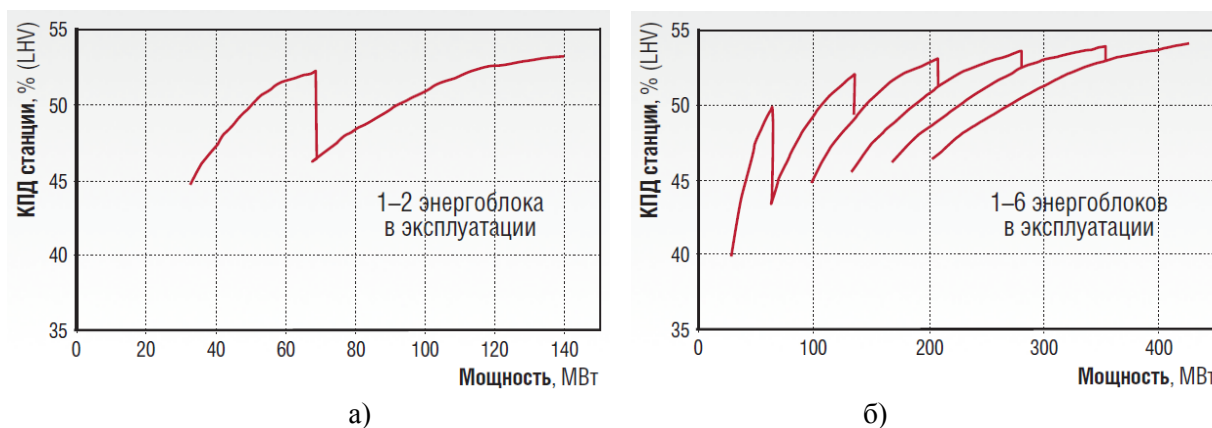
Показатели полиблоков при работе на природном газе согласно ISO (температура наружного воздуха +15 °С, его относительная влажность 60 %) даны в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Показатели ПГУ *EconoFlex2* и *EconoFlex6* при условиях ISO

Параметр	<i>EconoFlex2</i>	<i>EconoFlex6</i>
Мощность, МВт	140	425
КПД, %	53,3	54,2
Мощность через 10 мин после пуска, МВт	96	286
Минимальная нагрузка, %	24	10
Набор нагрузки, МВт/мин	24	73

Высокий КПД *SGT-800*, котел-утилизатор с двумя контурами давления генерируемого пара, паровые турбины *SST-400* или *SST-900* в составе ПГУ обеспечивают оптимальные эксплуатационные параметры при работе с частичными нагрузками.

При снижении нагрузки до 40% за счет последовательной работы оборудования дублирующих блоков *EconoFlex2* нагрузка ПГУ может составлять до 24% от номинальной, что соответствует диапазону мощности 33...140 МВт (рисунок 1, а).

Рисунок 1. Параметры электростанции *EconoFlex2* (а) и *EconoFlex6* (б) при частичных нагрузках

Нагрузка гекса-блока *EconoFlex*б может снижаться до 10% номинальной, обеспечивая диапазон мощности 30...425 МВт. На нижнем уровне мощность паровой турбины будет минимальной, что ограничивает эксплуатацию станции в парогазовом цикле (рисунок 1, б).

При последовательной работе полиблоков высокий КПД ПГУ можно поддерживать во всем диапазоне мощности. Часто многоагрегатные станции имеют негативную тенденцию снижения мощности при работе одного из блоков с полной нагрузкой и нескольких – с минимальной. При создании электростанции *EconoFlex* это учтено, и на частичной нагрузке обеспечивается эффективная ее работа.

Высокие эксплуатационные параметры ПГУ, при очень низких потребностях в электроэнергии, например, в ночное время, позволяют эксплуатировать только один энергоблок. При этом время выхода станции на полную нагрузку не зависит от паровой турбины, поскольку она будет постоянно находиться в эксплуатации.

Изменение нагрузки определяется ГТУ, участие паровой турбины при этом незначительно и обусловлено задержкой в выработке пара. Возможности по сбросу и принятию нагрузки составляют 24 МВт/мин и 73 МВт/мин соответственно для дубль- и гекса-блоков.

Возможна параллельная работу всех блоков с одинаковой мощностью, при этом, при работе с частичной нагрузкой, все оборудование и системы станции готовы для мгновенного поднятия нагрузки. Параллельная работа позволяет достигнуть оптимальной динамики по сбросу и принятию мощности, но ценой некоторого снижения КПД.

При последовательной работе блоков главной задачей является выработка требуемой мощности с максимально возможным КПД, что достигается за счет эксплуатации возможно меньшего количества блоков при одинаковой нагрузке. Для повышения нагрузки вводятся дополнительные блоки из горячего резерва. Последовательная работа обеспечивает высокий КПД за счет некоторого снижения динамики набора и сброса нагрузки.

На рисунке 2 представлен график работы электростанции *EconoFlex*б с переменной нагрузкой при обеспечении наиболее высокого КПД во всем регулировочном диапазоне.

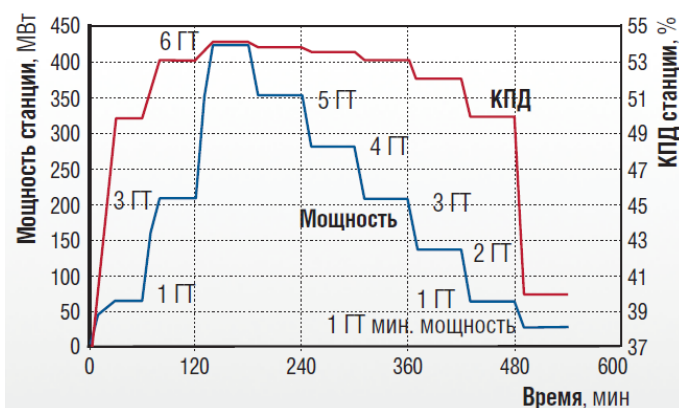


Рисунок 2. Показатели *EconoFlex*б при изменениях нагрузки

Газотурбинная установка *SGT-800* оснащена сухой низкоэмиссионной камерой сгорания, обеспечивающей низкие уровни выбросов на всех режимах работы.

Так, содержание *CO* составляет 1 *ppm* на всех режимах. Уровень эмиссии *NOx* при нагрузке более 60% составляет менее 15 *ppm* и повышается до 40 *ppm* при разгрузке до 40% номинальной. При быстром наборе нагрузки данный показатель увеличивается на 5 *ppm*.

Если необходимо достигнуть более низких показателей эмиссии, электростанция может оснащаться дополнительными системами каталитического подавления выбросов. В таких случаях эти системы должны адаптироваться под конструкцию котла-утилизатора.

Дополнительной возможностью повышения маневренности ПГУ является дожигание топлива в котле-утилизаторе. При этом будет использоваться избыточный кислород газов

ГТУ и вырабатываться дополнительный пар для паровой турбины, что увеличит общую электрическую мощность ПГУ, однако ценой некоторого снижения экономичности.

Отметим, что при использовании дожигания на входе в котел-утилизатор станет невозможным вырабатывать пар низкого давления. Если дожигание планируется использоваться в течение большей части периода эксплуатации ПГУ, предпочтительнее комплектовать ее котлом-утилизатором с одним уровнем давления.

Повышение температуры окружающего воздуха снижает мощность и КПД ГТУ. Это негативное влияние можно устранить путем охлаждения воздуха на входе в компрессор. Если влажность подаваемого воздуха достаточно низкая, то можно использовать системы испарительного охлаждения, если высокая – оптимальным решением будут чиллеры. Они потребляют достаточно много электроэнергии, но в большинстве случаев КПД установки повышается. В этом случае обеспечивается высокая мощность ГТУ при высоких температурах окружающего воздуха в летний период.

Электростанции *EconoFlex* в случае перебоев с поставкой природного газа могут использовать дизельное топливо в качестве резервного. Они могут эксплуатироваться в островном режиме, когда при отключении энергосети станция должна оставаться в рабочем режиме для поддержки и восстановления ее работы. При этом блоки будут работать с очень низкой нагрузкой, с использованием только ГТУ, для обеспечения электроэнергией собственных нужд.

В заключение отметим, что для контроля рабочих параметров и предотвращения аварийных ситуаций используется система мониторинга эксплуатационных показателей станции, которая позволяет планировать обслуживание и ремонт оборудования по техническому состоянию компонентов, а также определять наиболее эффективные режимы работы. Есть возможность дистанционного управления, и еще одним важным преимуществом электростанций *EconoFlex* является модульная конструкция, что минимизирует время доставки, монтажа и ввода в эксплуатацию оборудования на площадке заказчика.

Литература

1. Бьеркманн, М. Обновлённая версия *SGT-800*: мощность 50 МВт / Матс Бьеркманн // Турбины и Дизели, март – апрель 2013. – С. 4 – 9.
2. Нильссон, Л.-И. Парогазовая установка *EconoFlex* на базе ГТУ *SGT-800* компании *Siemens* / Ларс-Ингвар Нильссон, Маркус Йокер, Матс Бьеркманн // Турбины и Дизели, январь – февраль 2015. С. 34 – 39.